



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**  
(10) **DE 103 00 330 A 1**

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 60 C 23/06**

(66) Innere Priorität:  
102 00 552. 4 09. 01. 2002

(71) Anmelder:  
Continental Teves AG & Co. oHG, 60488 Frankfurt,  
DE; Continental Aktiengesellschaft, 30165  
Hannover, DE

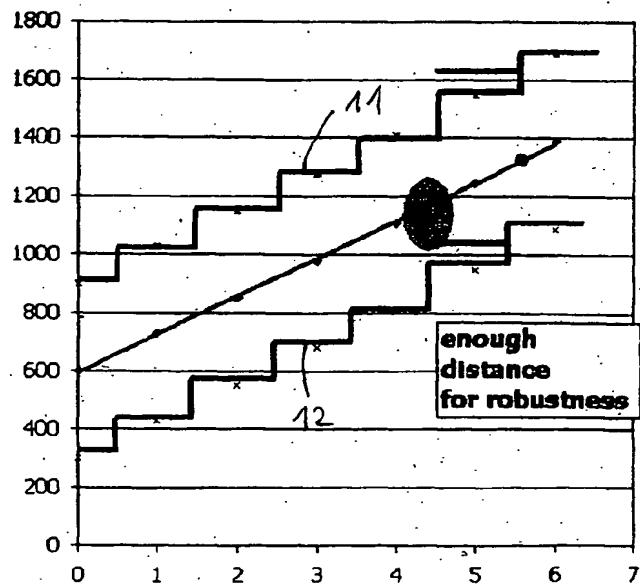
(72) Erfinder:  
Grießer, Martin, Dr., 65760 Eschborn, DE; Köbe,  
Andreas, Dr., 64625 Bensheim, DE; Edling, Frank,  
65929 Frankfurt, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Rechercheantrag gem. Paragraph 43 Abs. 1 Satz PatG ist gestellt

(54) Verfahren zur Erkennung eines Reifendruckverlusts

(57) Beschrieben ist ein Verfahren zur Erkennung eines Druckverlustes von Reifen in einem Kraftfahrzeug während der Fahrt durch Auswertung von mittels Sensoren gemessenen Winkelgeschwindigkeiten der Räder oder Auswertung von Informationen, die die Winkelgeschwindigkeiten auf Basis von Zeitintervallen angeben, bei dem Referenzwerte für Geschwindigkeitsintervalle gebildet werden, mit den gebildeten Referenzwerten obere und untere stufenförmige Erkennungsschwellen (1, 2) für die Reifendruckerkennung festgelegt werden und das Druckverlusterkennungsverfahren modifiziert wird, wenn die Räder aufgrund unterschiedlicher Reifenbeschaffenheit voneinander abweichende Abolleigenschaften haben.



DE 103 00 330 A 1

DE 103 00 330 A 1

# DE 103 00 330 A 1

## Beschreibung

- [0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung eines Reifendruckverlustes in einem Kraftfahrzeug gemäß Oberbegriff von Anspruch 1.
- 5 [0002] In Kraftfahrzeugen, die mit einem elektronischen System zur Bremsdruckregelung oder zur Regelung der Fahr-dynamik (ABS, ASR, ESP etc.) ausgestattet sind, wird die Winkelgeschwindigkeit der Fahrzeugräder durch Raddreh-zahlsensoren aufgenommen. Es ist bekanntermaßen möglich, einen auftretenden Druckverlust in einem Reifen durch eine genaue Analyse der Radgeschwindigkeitsdaten festzustellen, da sich bei gleichbleibender Fahrzeuggeschwindigkeit im Falle eines Reifendruckverlustes die Winkelgeschwindigkeit des defekten Rades geringfügig erhöht.
- 10 [0003] Aus der WO 01/56815 ist ein drucksensorloses Druckverlusterkennungsverfahren bekannt, bei dem zur Druck-verlusterkennung auf Basis von Raddrehzahlinformationen zunächst Referenzwerte aus unterschiedlichen Radpaarun-gen gebildet werden. Unter anderem werden Referenzwerte Ref der diagonalen Räder, z. B. vorne links (VL) und hinten rechts (HR) bzw. vorne rechts (VR) und hinten links (HL), gebildet. Die ermittelten Werte werden zunächst in einer Lernphase eingelernt. Mit Hilfe der eingelernten Referenzwerte werden dann obere und untere Schwellenwerte gebildet.
- 15 [0004] In der sich an die Lernphase anschließenden Vergleichsphase wird ein Druckverlust daran erkannt, dass ein Vergleich mit den gebildeten Schwellenwerten durchgeführt wird. Verlässt der aktuelle Referenzwert einen durch die Schwellenwerte festgelegten Toleranzbereich, so liegt mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit zumindest ein vorläufiger Druckverlust vor, welcher. Es ist außerdem bekannt, das Verfahren sinnvoll sind, die einen vorläufig erkannten Druckverlust durch Auswertung weiterer vorhandener Parameter als einen tatsächlichen Druckverlust absichern.
- 20 [0005] Die Erfassung der Radgeschwindigkeit über die Drehzahl mittels Raddrehzahlsensoren setzt voraus, dass der dynamische Abrollumfang des jeweiligen Rades der Auswerteeinrichtung, z. B. dem ABS-Steuergerät, bekannt ist. Dieser wird durch die Auswerteeinrichtung normalerweise indirekt ermittelt, z. B. durch das weiter oben beschriebene Lern-verfahren.
- 25 [0006] Diese Aufgabe wird durch das Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst.
- [0007] Es hat sich gezeigt, dass der momentabhängige dynamische Abrollumfang unter anderem von der Reifenbe-schaffenheit, das heißt insbesondere vom Reifentyp (Fabrikat, Sommer-/Winterreifen etc.) oder vom Umfang und der Art der Beanspruchung im Betrieb des Reifens (Einlaufen, Verschleiß etc.), abhängig ist.
- 30 [0008] Gemäß der Erfindung erfolgt das Einlernen von Referenzwerten in Abhängigkeit von der Fahrzeuggeschwin-digkeit. Dies bietet unter anderem den Vorteil, dass der Effekt von auf das Rad einwirkenden Drehmomenten mitberück-sichtigt werden kann. Insbesondere ist vorgesehen, dass der mögliche Geschwindigkeitsbereich eines Kraftfahrzeugs, z. B. bei einem PKW von 0 bis 250 km/h, in mehrere Geschwindigkeitsintervalle i eingeteilt wird, z. B. in  $i = 1$  bis 7 Intervalle, welche besonders bevorzugt gleich lang sind. Für jedes Intervall  $i$  wird dann ein Referenzwert  $\text{Ref}_i^{\text{Lern}}$  gebildet.
- 35 [0009] Durch Hinzufügen eines Toleranzbereichs ergibt sich dann für jeden Referenzwert ein zulässiges Toleranzband (sie Band 3 in Fig. 1) mit einer oberen Schwelle 1 und einer unteren Schwelle 2. Wird das Toleranzband durch den jeweiligen, dem Band zugeordneten Referenzwert verlassen, liegt ein vorläufiger oder endgültiger Druckverlust vor.
- 40 [0010] Die für verschiedene Geschwindigkeitsintervalle eingelernten Referenzwerte  $\text{Ref}_i^{\text{Lern}}$  weisen insbeson-dere dann eine Geschwindigkeitsabhängigkeit auf, wenn mindestens ein in der DDS-Betrachtung berücksichtigter Rei-fen ein momentabhängiges Abrollverhalten aufweist, welches vom momententsprechenden Verhalten der übrigen an das Kraftfahrzeug montierten Räder abweicht. Dies ist zum Beispiel dann der Fall, wenn am Fahrzeug drei Sommerreifen und ein Winterreifen montiert sind. Im allgemeinen ist die Kurve  $\text{Ref}_i^{\text{Lern}}(v)$ , welche die Geschwindigkeitsabhängigkeit wiedergibt, nicht streng linear, sondern besitzt die Form einer ansteigende treppenförmige Kurve, welche mehr oder we-niger stark vom linearen Verlauf abweicht. Durch diese Abweichung können sich auf Grund der Geschwindigkeitsinter-valle unterschiedliche Stufenabstände ergeben.
- 45 [0011] Bevorzugt werden die Referenzwerte aus diagonalen Radpaarungen gewonnen. Die Referenzwerte können ins-besondere gefiltert bzw. gemittelt sein.
- [0012] Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden Räder mit vom idealisierten Verhalten abweichen-dem Verlauf lokalisiert und die Druckverlusterkennung wird unter Berücksichtigung dieser zusätzlichen Infor-mation in geeigneter Weise modifiziert. Insbesondere wird im Algorithmus zur Druckverlusterkennung ein Statuswert, z. B. eine Variable "WORN" oder ein Statusbit etc. gesetzt, welche die beiden Zustände "Unterschied in der Reifenbeschaf-fenheit" oder "kein Unterschied in der Reifenbeschaffenheit" einnehmen kann.
- 50 [0013] Räder, die vom idealisierten Verhalten abweichen, werden nach einer bevorzugten Ausführungsform dadurch erkannt, dass die eingelernten Referenzwerte bzw. Grenzwerte in Fahrzuständen mit einem an den angetriebenen Rädern anliegenden Drehmoment mit den entsprechenden Referenzwerten in freirollenden Fahrzuständen verglichen werden (kein Antriebsmoment). Dieser Vergleich erfolgt insbesondere bei hohen Geschwindigkeiten. Besonders bevorzugt wird der Statuswert "WORN" genau dann gesetzt, wenn die vorstehend beschriebene Differenz einen vorgegebenen Schwell-enwert überschreitet.
- 55 [0014] Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform werden Räder, die vom idealisierten Verhalten abweichen, dadurch erkannt, dass die Größe der Abweichung von eingelernten Referenzwerten zwischen verschiedenen Geschwin-digkeitsintervallen, insbesondere von zwei unmittelbar nebeneinanderliegenden Intervallen, miteinander verglichen wer-den.
- 60 [0015] Insbesondere wird dabei folgender Zusammenhang zugrundegelegt:
- 65  $|\text{Ref}_n^{\text{Lern}} - \text{Ref}_k^{\text{Lern}}| < |\Delta \cdot (n-k)|$
- [0016] Dabei ist:  
n ein Wert für ein Intervall im Bereich zwischen 0 und dem Höchstwert für die Geschwindigkeitsintervalle,

k ein Wert für ein Intervall zwischen n+1 und dem Höchstwert für die Intervalle und

Delta eine vorgegebene zulässige Differenz zwischen zwei benachbarten Geschwindigkeitsintervallen.

[0016] Besonders bevorzugt werden in der vorstehenden Formel nach dem Verfahren der Erfindung alle möglichen Kombinationen von n und k zur Auswertung herangezogen. Es erfolgt demzufolge ein Vergleich von jedem Intervall mit jedem anderen Intervall. Es werden hierzu mindestens zwei Referenzwerte berücksichtigt, die aus unterschiedlichen Radpaarungen, wie Seitenverhältnisse, Achsenverhältnisse und Diagonalenverhältnisse, ermittelt wurden. Diese können dann so ausgewertet werden, dass erkannt wird, an welcher der Achsen die unterschiedlichen Reifen vorliegen. Wenn insbesondere eine Kombination n, k von Intervallen die obige Formel erfüllt, wird der Statuswert "WORN" auf den Zustand "Unterschied in der Reifenbeschaffenheit" gesetzt.

[0017] Nach einer bevorzugten Ausführungsform wird der Statuswert "WORN" auf den Zustand "kein Unterschied in der Reifenbeschaffenheit" zurückgesetzt, wenn das Lernverfahren des DDS, insbesondere durch Drücken der Reset-Taste, neu gestartet wird.

[0018] Eine Modifikation des Druckverlusterkennungsverfahrens, erfolgt bevorzugt durch eine Verbreiterung des Erkennungsbereichs zumindest im Bereich der in Betracht kommenden Intervalle i oder durch Abschaltung des gesamten Druckverlusterkennungssystems oder durch Abschaltung von Teilen dieses Systems oder durch Einschränkung des Bereichs der zulässigen Radmomente für den Statuswert "WORN".

[0019] Abweichungen vom linearen Verlauf der Schwellen treten bevorzugt bei folgenden Radpaarungen auf:

- Ein abgefahrener und ein neuer Reifen auf der angetriebenen Achse,
- ein weicher Reifen und ein harter Reifen an der angetriebenen Achse,
- Reifen mit einer großen Abhängigkeit des dynamischen Abrollumfangs von der Geschwindigkeit und/oder vom Drehmoment (z. B. runderneuerte Reifen).

[0020] Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird das Einlernen unterbrochen, wenn ein Druckverlust während des Einlernens, z. B. durch einen Druckverlust-Zähler, welcher größer als Null ist, erkannt wird.

[0021] Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird ein weiterer Statuswert "SUS" auf den logischen Wert "1" gesetzt, wenn ein aktueller Referenzwert in der Nähe einer Intervallflanke liegt, z. B. bei 80% der Flankenbreite. Wenn der Statuswert "SUS" auf "1" gesetzt ist und sich zum Zwecke des Lernens eines neuen Ref<sub>i,Lern</sub>-Wertes in ein neues Intervall bewegt wird, wird der Statuswert "WORN" auf "kein Unterschied in der Reifenbeschaffenheit" gesetzt.

[0022] Neben der zuvor beschriebenen Erkennung einer unterschiedlichen Reifenbeschaffenheit mit einem Referenzwert, der beispielsweise aus einem Diagonalenverhältnis (vorne links – hinten rechts oder vorne rechts – hinten links) gebildet ist, kann die Erkennung zusätzlich verbessert werden, wenn, was bevorzugt ist, mindestens zwei Referenzwerte berücksichtigt werden, die aus unterschiedlichen Radpaarungen, wie Seitenverhältnisse, Achsenverhältnisse und Diagonalenverhältnisse, ermittelt wurden. Besonders bevorzugt wird zur Erkennung ein Diagonalenverhältnis zusammen mit einem Achsenverhältnis gemeinsam betrachtet.

[0023] Weitere bevorzugte Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels an Hand von Figuren.

[0024] Es zeigen

[0025] Fig. 1 ein Diagramm, in dem eingelernte Referenzwerte der diagonalen Radpaare für unterschiedlich abgefahrene Reifen bzw. für Reifen mit unterschiedlicher Härte, welche an der Antriebsachse montiert sind, über die Geschwindigkeit aufgetragen sind,

[0026] Fig. 2 ein weiteres Diagramm mit eingelernten Referenzwerten,

[0027] Fig. 3 ein weiteres Diagramm mit eingelernten Referenzwerten mit nicht gleichmäßig hohen Stufen, und

[0028] Fig. 4 ein Diagramm, welches die Lage der Schwellen darstellt, nachdem der zulässige Bereich der Druckverlusterkennung erweitert wurde.

[0029] In Fig. 1 ist das Prinzip der Druckverlusterkennung während der Vergleichsphase nach dem Einlernen von geschwindigkeitsabhängigen Schwellen 1, 2 dargestellt. Wenn der Schlupf der Reifen an der Antriebsachse auf Grund des anliegenden Moments unterschiedlich ist, steigt der jeweils pro Intervall eingelernte Wert Ref<sub>i,Lern</sub> (Bezugszeichen 4) bei steigendem Moment und damit auch bei steigender Geschwindigkeit an. Die Geschwindigkeit ist auf der Abszisse aufgetragen. Durch das Einlernen von Referenzwerten 4 jeweils individuell für ein Geschwindigkeitsintervall i ergibt sich ein treppenförmiger Verlauf der oberen 1 und unteren Druckerkennungsschwellen 2. Die Grenzen zwischen zwei Geschwindigkeitsintervallen liegen im Beispiel von Fig. 1 genau zwischen zwei Referenzwerten. Die Treppenform der Schwellen 1 und 2 kommt dadurch zustande, dass für jedes Geschwindigkeitsintervall ein oberer und unterer Grenzwert 9, 10 gebildet wird, welcher durch Addition bzw. Subtraktion einer geeigneten Zahl von dem Referenzwert im Mittelpunkt des jeweiligen Intervalls entsteht. Die Punkte 4 sind beispielhafte Referenzwerte, welche in der Vergleichsphase gebildet wurden.

[0030] In Fig. 2 befindet sich der aktuell gebildete Referenzwert 5, der bei einer bestimmten momentanen Fahrzeuggeschwindigkeit v gebildet wurde, in der Nähe der unteren Druckerkennungsschwelle 2 und gleichzeitig in der Nähe eines Übergangs zwischen zwei Geschwindigkeitsintervallen. Aufgrund der Treppenform der Schwellen 1 und 2 liegt der aktuelle Referenzwert 5 im Randbereich der Intervalle i (bzw. in der Nähe der Flanken 6 und 6') näher an den Grenzen 1 und 2 als im inneren Bereich der Intervalle i. Da eine Druckverlusterkennung bei Austritt des aktuellen Referenzwertes aus Bereich 3 erkannt wird (zu positiven oder zu negativen Referenzwerten hin), ist die Druckverlusterkennung im Bereich der Sprünge 6 empfindlicher, so dass an diesem Punkt nachteiligerweise die Wahrscheinlichkeit einer Fehlwarnung besonders hoch ist. Noch geringer ist der Abstand zu Flanke 6', wenn ein Grenzwertintervall bei einer Geschwindigkeit (bei Punkt 5') gelernt wurde, welche innerhalb und am rechten Rand von Intervall 4 liegt, und der aktuelle Referenzwert 5 am linken Rand dieses Intervalls liegt.

[0031] Fig. 3 zeigt ein Beispiel für eingelernte Werte von Ref<sub>i,Lern</sub>, welche zwischen Intervall 4 und 5 eine größere Stufe

# DE 103 00 330 A 1

7, 7' aufweisen. Auch hier können aktuelle Referenzwerte, welche zum Beispiel im Bereich 8 liegen, unerwünscht nahe an den Grenzen 1 und 2 liegen, wodurch die Empfindlichkeit des Reifendruckverlusterkennungsverfahrens in bestimmten Geschwindigkeitsteilbereichen zu hoch werden kann.

[0032] In Fig. 4 ist ein den Fig. 1 bis 3 entsprechender Graph dargestellt. Im Gegensatz zu den vorhergehend beschriebenen Figuren wurde der Bereich zwischen den Erkennungsschwellen 11 und 12 erweitert. Zum besseren Vergleich ist ein Teil der ursprünglichen Schwellen mit 1' und 2' bezeichnet. Hierdurch wird die unerwünscht hohe Empfindlichkeit des Druckverlusterkennungssystems, wie sie in den Beispielen der Fig. 1 bis 3 vorliegt, wirksam verringert.

[0033] Zur Verbesserung der Erkennung eines Reifens mit einem abweichendem Abrollumfang können zusätzlich weitere Referenzwerte

10                    $T_2 - T_1$

Ref<sub>vorne</sub> = ----- und

15                    $T_2 + T_1$

$T_4 - T_3$

20                   Ref<sub>hinten</sub> = -----

$T_4 + T_3$

gebildet werden, wobei  $T_i$  eine Zeitdifferenz ist, die am Ausgang eines üblichen Raddrehzahlsensors als Maß für die Winkelgeschwindigkeit gemessen wird. Wenn alle Reifen ähnliche Abrolleigenschaften haben, so weisen die Variablen Ref<sub>vorne</sub> und Ref<sub>hinten</sub> Werte in der Nähe von Null auf. Weichen die Werte um mehr als einen bestimmten Betrag von Null ab, liegt mit gewisser Wahrscheinlichkeit eine unterschiedliche Reifenbeschaffenheit vor. Es ist dabei zweckmäßig, durch Auswertung weiterer Referenzwerte festzustellen, an welcher Radposition sich ein Reifen mit einer Abweichung des hier betrachteten Abrollverhaltens befindet.

30

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Erkennung eines Druckverlustes von Reifen in einem Kraftfahrzeug während der Fahrt durch Auswertung von mittels Sensoren gemessenen Winkelgeschwindigkeiten der Räder oder Auswertung von Informationen, die die Winkelgeschwindigkeiten auf Basis von Zeitintervallen angeben, dadurch gekennzeichnet, dass

- 35                   a) Referenzwerte für Geschwindigkeitsintervalle i gebildet werden,  
                      b) mit den in Schritt a) gebildeten Referenzwerten obere und untere stufenförmige Erkennungsschwellen (1, 2) für die Reifendruckerkennung festgelegt werden und  
                      c) das Druckverlusterkennungsverfahren modifiziert wird, wenn die Räder aufgrund unterschiedlicher Reifenbeschaffenheit voneinander abweichende Abrolleigenschaften haben.

40                   2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Referenzwerte eingelernte Werte insbesondere der diagonalen Radpaarungen sind.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine unterschiedliche Reifenbeschaffenheit dadurch erkannt wird, dass Referenzwerte in freirollenden Fahrzuständen mit Referenzwerten in angetriebenen Fahrzuständen verglichen werden.

45                   4. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine unterschiedliche Reifenbeschaffenheit, dadurch erkannt wird, dass eingelernte Referenzwerte unterschiedlicher Intervalle miteinander verglichen werden.

50                   5. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei Referenzwerte berücksichtigt werden, die aus unterschiedlichen Radpaarungen, wie Seitenverhältnisse, Achsenverhältnisse und Diagonalenverhältnisse, ermittelt wurden und diese so ausgewertet werden, dass erkannt wird, an welcher der Achsen die unterschiedlichen Reifen vorliegen.

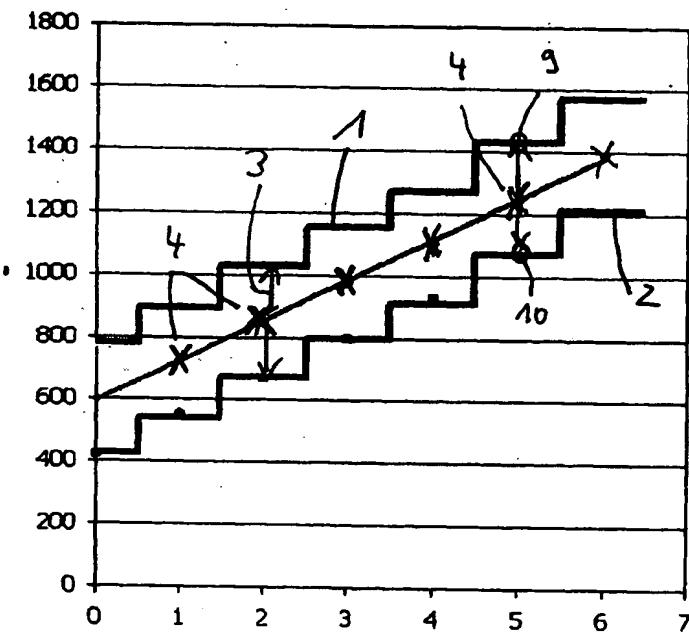
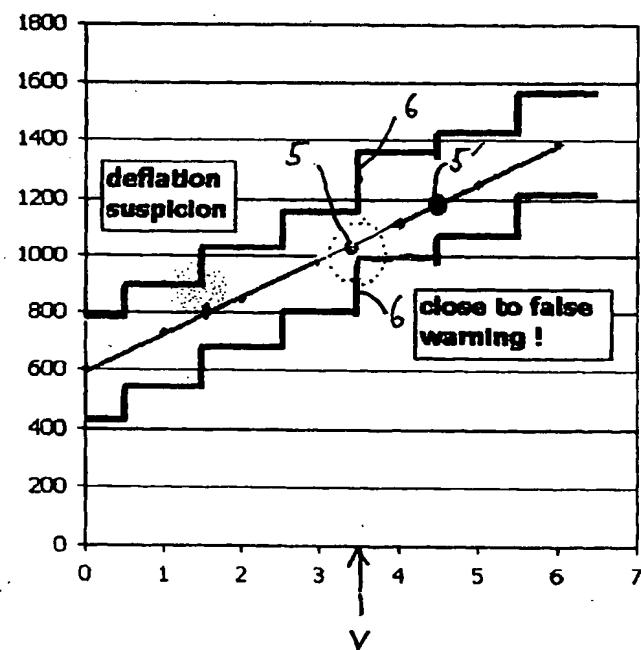
6. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Druckverlusterkennungsverfahren in der Weise modifiziert wird, dass der Bereich, welcher durch die obere und unteren Erkennungsschwellen (1, 2) gebildet wird, zu einem größeren zulässigen Bereich erweitert wird.

55

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

60

65

Fig. 1Fig. 2

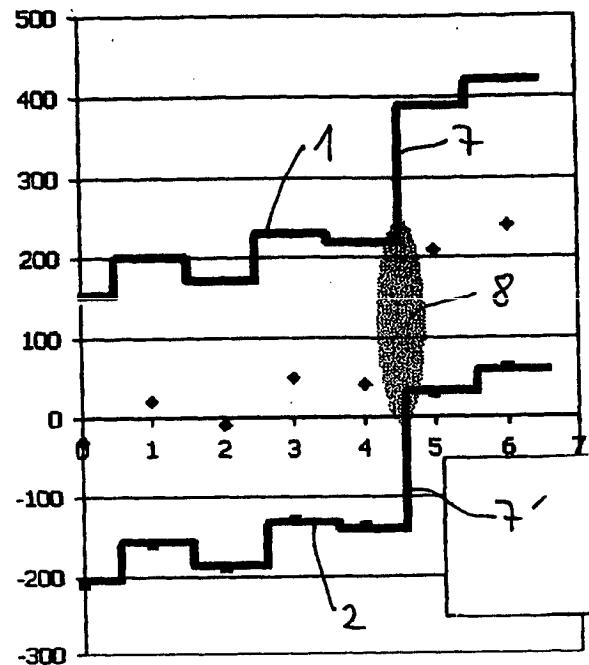


Fig. 3

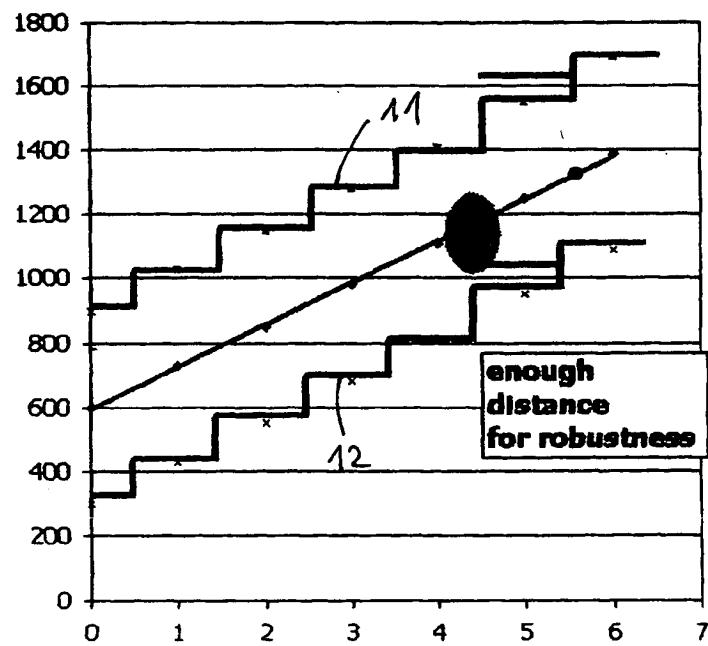


Fig. 4